

Spájanie obrazov viacerých kamier pre sledovanie spojitej 2D scény

Martin Šimeček, Jozef Dorner

Abstrakt

Článok sa zaoberá spôsobom využitia väčšieho počtu kamier na sledovanie jednej spojitej scény. Hlavná časť opisuje spôsob transformácie obrazu, ktorý je základom pre úspešné spojenie obrazov do jedného celku.

Kľúčové slová: transformácia obrazu, korekcia perspektívy, kamera, obraz, spájanie, scéna, vizuálny systém.

Úvod

Pri sledovaní dvojrozmernej scény vizuálnym systémom sa v praxi môžeme stretnúť s problémom keď jednou kamerou nevieme obsiahnuť celú scénu. Vtedy je potrebné použiť prídavné kamery. V prípade, že netreba sledovať scénu ako celok je implementácia jednoduchá. Avšak ak máme požiadavku na spojitú scénu, je potrebné obrázky z kamier spájať.

Samotný proces spájania obrazov je implementačne jednoduchý, ale na to aby bolo možné obrázky spojiť je nutné ich predtým ortogonalizovať t.j. získať pravouhlú reprezentáciu scény pri kolmom pohľade zhora. Táto korekcia perspektívy musí byť vypočítaná a aplikovaná pre obraz každej z kamier. V prípade, že sme korekciu perspektívy vykonali, môžeme prejsť k samotnému spájaniu obrazov. Po úspešnom spojení nasleduje finálna fáza, v ktorej sa vyreže časť spojeného obrazu, ktorá je pre ďalšie riešenie potrebná, resp. zbavíme sa nepotrebných častí.

1. Korekcia perspektívy

Pri určovaní korekcie perspektívy postupujeme tak, že vložíme do scény etalónový objekt ktorého deformáciu sa snažíme korigovať. Ako etalón je možné použiť štvorec známych rozmerov, vizuálne odlišiteľný od snímanej plochy. Po nasnímaní scény získame obraz, ktorý obsahuje náš etalón deformovaný perspektívou. V obraze je teda zobrazený ako štvoruholník, ktorého vrcholy sú základom pre výpočet korekcie perspektívy. Keďže skutočné rozmery a tvar etalónu sú známe a zároveň poznáme súradnice vrcholov deformovaného etalónu, môžeme určiť maticu transformácie perspektívy.

1.1 Výpočet transformačnej matice

Výpočet [1] pozostáva z troch lineárnych rovníc zapísaných v maticovom tvare:

$$\begin{bmatrix} XW \\ YW \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

X, Y predstavujú súradnice vrcholov štvoruholníka nasnímaného kamerou a x, y sú zodpovedajúce súradnice vrcholov etalónu.

Prepísaním tretej rovnice získame:

$$W = gx + hy \quad (2)$$

Takto dokážeme prepísať maticovú rovnicu do takého tvaru, že odhalíme jej skutočnú nelineárnu formu, kde čitateľ predstavuje parametre potrebné na afínnu transformáciu a menovateľ predstavuje nelineárny efekt perspektívy:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}} \quad (3)$$

Ekvivalentný zápis pomocou rovníc:

$$\begin{aligned} X &= \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1} \\ Y &= \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1} \end{aligned} \quad (4)$$

Prenásobením oboch strán rovníc menovateľom získame:

$$\begin{aligned} X(gx + hy + 1) &= ax + by + c \\ Y(gx + hy + 1) &= dx + ey + f \end{aligned} \quad (5)$$

Ďalej rovnice roznásobíme:

$$\begin{aligned} gXx + hXy + X &= ax + by + c \\ gYx + hYy + Y &= dx + ey + f \end{aligned} \quad (6)$$

Čisto lineárne členy X a Y osamostatníme:

$$\begin{aligned} X &= ax + by + c - gXx - hXy \\ Y &= dx + ey + f - gYx - hYy \end{aligned} \quad (7)$$

Doplníme nulové členy:

$$\begin{aligned} X &= ax + by + c - 0d + 0e + 0f - Xxg - Xyh \\ Y &= 0a + 0b + 0c + xd + ye + f - Yxg - Yyh \end{aligned} \quad (8)$$

a je viditeľné, že sa jedná o výsledok násobenia matice vektorom:

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -Xx & -Xy \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -Yx & -Yy \\ \vdots & & & & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (9)$$

Rozpísané pre n vstupných súradníc:

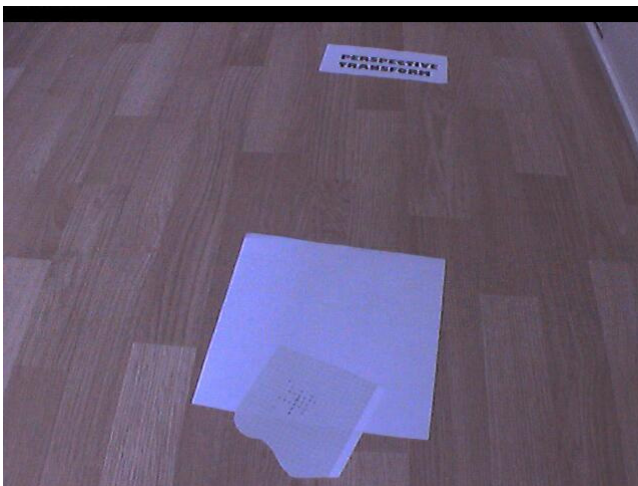
$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_1x_1 & -X_1y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -Y_1x_1 & -Y_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_2x_2 & -X_2y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -Y_2x_2 & -Y_2y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -X_nx_n & -X_ny_n \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -Y_nx_n & -Y_ny_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

Rovnica je vo forme $Ax=b$ a je možné ju riešiť viacerými spôsobmi. Najjednoduchším, hoci nie numericky najstabilnejším riešením je použitie pseudoinverzie:

$$\begin{aligned} Ax &= b \\ A^T Ax &= A^T b \\ x &= (A^T A)^{-1} A^T B \end{aligned} \quad (11)$$

1.2 Použitie transformácie

Predpokladáme, že vo väčšine prípadov je zdrojový snímaný obraz obdĺžnik, t.j. má vopred určenú šírku a výšku v počte pixlov.



Obr.1 Zdrojový obraz snímaný kamerou
Fig.1 Source image scanned by camera

Avšak transformovaný obraz predstavuje obdĺžnik premapovaný na štvoruholník (tým, že transformujeme štvoruholníkový deformovaný etalón na pravouhlý štvorec sa zmenia aj súradnice vrcholov celého obrazu).

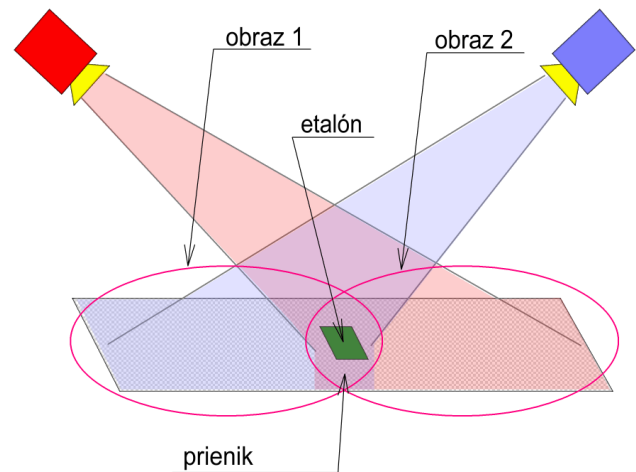
Preto je nutné vypočítať nové vrcholy obrazu, čím získame rozmer transformovaného obrazu. Na výpočet použijeme vzorec (4). Následne môžeme aplikovať transformačnú maticu na zdrojový obraz. Na vytvorenie transformovaných obrazov sme použili [2] opensource computer vision library (OpenCV).



Obr.2 Transformovaný obraz
Fig.2 Transformed image

2. Spájanie obrazov

Pri spájaní obrazov vychádzame zo skutočnosti, že sa etalón nachádza celý zachytený v snímkach, ktoré spájame.



Obr.3 Schéma spájania obrazov dvoch kamier
Fig.3 Scheme of joining images from two cameras

Po výpočte a aplikácii transformačných matic na vstupné obrazy ich spojíme cez súradnice etalónu s tým, že v miestach kde sa prekrývajú ich vykreslíme s 50% priehľadnosťou.



Obr.4 Spojené obrazy
Fig.4 Joined images

Na záver je vhodné orezať prebytočné časti spojeného obrazu, aby sa na ďalšie spracovanie použila len tá časť, ktorá pre nás predstavuje užitočnú informáciu.

Takýmto spôsobom je možné spojiť viacero obrazov z viacerých kamier, avšak je nutné pridať ďalšie etalóny pre ďalšie kamery. V prípade, že sú kamery umiestnené v rade vedľa seba a chceme ich obrazy spojiť do jedného, potrebujeme do scény umiestniť $n - 1$ etalónov, kde n je počet kamier.

PodĎakovanie

Článok vznikol za podpory grantovej agentúry MŠ SR VEGA č.p. 1/3120/06

Literatúra

- [1] Christopher R. Wren: Perspective Transform Estimation
<http://alumni.media.mit.edu/~cwren/interpolator/>
- [2] Opensource community: CV Reference Manual
<http://opencvlibrary.sourceforge.net/CvReference>

Abstract

The article focuses on usage of several cameras to watch continuous scene. The main part describes image transform technique which is essential for successful join of images into one unit.

Bc. Martin Šimeček

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Ilkovičova 3
81219 Bratislava
matosimi@gmail.com

Ing. Jozef Dorner

Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky
Ilkovičova 3
81219 Bratislava
jozef.dorner@stuba.sk